

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-265468

(43)Date of publication of application : 15.10.1993

(51)Int.Cl.

G10K 11/16

F01N 1/06

H03H 21/00

(21)Application number : 04-064013

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 19.03.1992

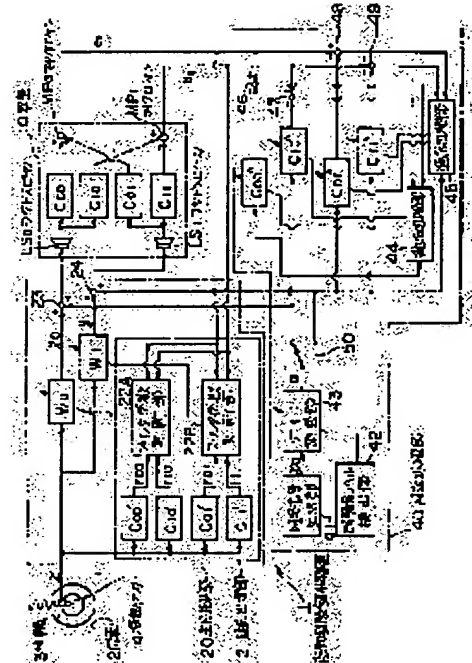
(72)Inventor : KINOSHITA AKIO
DOI MITSUHIRO
MURAOKA KENICHIRO
HAMABE TSUTOMU

(54) ACTIVE TYPE NOISE CONTROLLER

(57)Abstract:

PURPOSE: To perform an identifying process without giving people unpleasant feeling nor causing deterioration in noise control.

CONSTITUTION: According to the detection result of a dark noise level detection part 42 which detects the dark noise level in a cabin 10, an identification signal x0 generated by an identification signal generation part 41 is made into an identification signal (a) by the gain adjustment of a gain adjustment part 43 so that the level of an identified sound is lower than the dark noise level by a specific level; and this identification signal (a) is superposed on signal y0 and y1 outputted from adaptive digital filters w0 and w1 and the resulting signals are supplied to microphones MP0 and MP1. Then adaptive process parts 44 and 45 updates the filter coefficients of filters C00"-C11" according to the signal (a) and residual noises e0 and e1 detected by microphones MP0 and MP1 and when the filters C00" and C11" are converged on transfer functions C00-C11, the filters C00"-C11" are substituted for filters C00'-C11'.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.09.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2882170

[Date of registration] 05.02.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-265468

(43)公開日 平成5年(1993)10月15日

(51)Int.Cl.⁴

G 1 0 K 11/16

F 0 1 N 1/06

H 0 3 H 21/00

識別記号

H 7406-5H

F

7037-5 J

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数17(全 18 頁)

(21)出願番号

特願平4-64013

(22)出願日

平成4年(1992)3月19日

(71)出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72)発明者 木下 明生

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

(72)発明者 土井 三浩

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

(72)発明者 村岡 健一郎

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

(74)代理人 弁理士 森 哲也 (外2名)

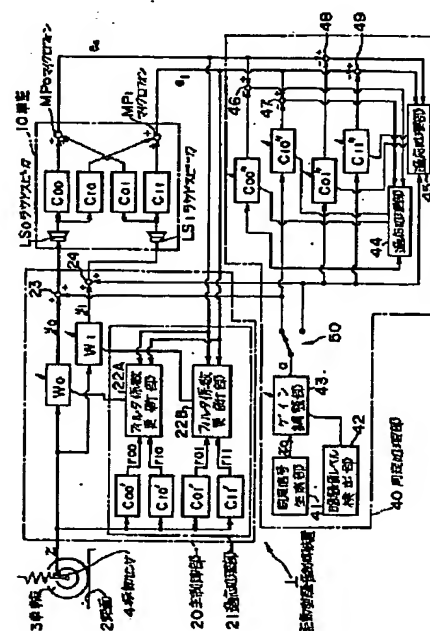
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 能動型騒音制御装置

(57)【要約】

【目的】人間に不快感を与えることなく、且つ、騒音制御の劣化を招くことなく、同定処理を行えるようにする。

【構成】車室10内の暗騒音レベルを検出する暗騒音レベル検出部42の検出結果に基づいて、同定音のレベルが暗騒音レベルよりも所定レベル低くなるように、同定信号生成部41で生成した同定信号 x_0 をゲイン調整部43でゲイン調整して同定信号 a とし、この同定信号 a を適応型デジタルフィルタ W_0 、 W_1 から出力される信号 y_0 、 y_1 に重畳してラウドスピーカ LS_0 、 LS_1 に供給する。そして、同定信号 a と、マイクロフォン MP_0 、 MP_1 が検出した残留騒音 e_0 、 e_1 とに基づいて、適応処理部44、45でフィルタ C_{00}' 、 C_{11}' のフィルタ係数を更新し、そのフィルタ C_{00}' 、 C_{11}' が伝達関数 C_{00} 、 C_{11} に収束したら、フィルタ C_{00} 、 C_{11} をそのフィルタ C_{00}' 、 C_{11}' で置換する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 騒音源から騒音が伝達される空間に制御音を発生可能な制御音源と、前記空間内の所定位置における残留騒音を検出する残留騒音検出手段と、前記騒音源の騒音発生状態を検出し基準信号として出力する騒音発生状態検出手段と、前記制御音源及び前記残留騒音検出手段間の音響伝達に相当する信号処理を行う信号処理手段を含んで構成され且つ前記基準信号及び前記残留騒音に基づいて前記空間内の騒音が低減するように前記制御音源を駆動させる能動制御手段と、前記空間内の暗騒音レベルを検出する暗騒音レベル検出手段と、前記暗騒音レベルに応じた同定音を前記空間内に発生する同定音発生手段と、前記同定音と前記残留騒音とに基づいて前記制御音源及び前記残留騒音検出手段間の音響伝達特性を求めて前記信号処理手段の処理内容を更新する更新手段と、を備えたことを特徴とする能動型騒音制御装置。

【請求項2】 能動制御手段は、基準信号に応じて制御音源を駆動する信号を生成する信号生成手段と、前記制御音源及び残留騒音検出手段間の音響伝達に相当する信号処理を行う信号処理手段と、前記基準信号を前記信号処理手段で処理した値及び残留騒音に応じて空間内の騒音が低減するように信号生成手段の処理内容を調整する制御手段と、を有する請求項1記載の能動型騒音制御装置。

【請求項3】 同定音発生手段は、暗騒音レベルよりも所定レベル低い同定音を発生する請求項1又は請求項2記載の能動型騒音制御装置。

【請求項4】 同定音発生手段は、暗騒音の音圧レベルよりも5～10dB音圧レベルの低い同定音を発生する請求項3記載の能動型騒音制御装置。

【請求項5】 騒音源から騒音が伝達される空間に制御音を発生可能な制御音源と、前記空間内の所定位置における残留騒音を検出する残留騒音検出手段と、前記騒音源の騒音発生状態を検出し基準信号として出力する騒音発生状態検出手段と、前記基準信号に応じて前記制御音源を駆動する信号を生成する信号生成手段と、前記制御音源及び前記残留騒音検出手段間の音響伝達に相当する信号処理を行う信号処理手段と、前記基準信号を前記信号処理手段で処理した値及び前記残留騒音に応じて前記空間内の騒音が低減するように前記信号生成手段の処理内容を調整する制御手段と、前記騒音源から発せられる騒音と相似形のスペクトル分布を示す同定信号を生成する同定信号生成手段と、前記空間内の暗騒音レベルを検出する暗騒音レベル検出手段と、前記暗騒音レベルに応じて前記同定信号のゲイン調整を行うゲイン調整手段と、前記信号生成手段が生成した信号と前記ゲイン調整が行われた同定信号とを重畳して前記制御音源に供給する信号重畳手段と、前記ゲイン調整が行われた同定信号と前記信号重畳手段が重畳した信号で前記制御音源を駆動した際の前記残留騒音とに基づいて前記制御音源及び

前記残留騒音検出手段間の音響伝達特性を求めて前記信号処理手段の処理内容を更新する更新手段と、を備えたことを特徴とする能動型騒音制御装置。

【請求項6】 ゲイン調整手段は、同定信号で制御音源を駆動した際に発生する同定音が暗騒音レベルよりも所定レベル低くなるようにその同定信号のゲイン調整を行う請求項5記載の能動型騒音制御装置。

【請求項7】 ゲイン調整手段は、同定音の音圧レベルが暗騒音の音圧レベルよりも5～10dB低くなるようにゲイン調整を行う請求項6記載の能動型騒音制御装置。

【請求項8】 車両に適用される能動型騒音制御装置であって、騒音源から騒音が伝達される車室に制御音を発生可能な制御音源と、前記車室内の所定位置における残留騒音を検出する残留騒音検出手段と、前記騒音源の騒音発生状態を検出し基準信号として出力する騒音発生状態検出手段と、前記制御音源及び前記残留騒音検出手段間の音響伝達に相当する信号処理を行う信号処理手段を含んで構成され且つ前記基準信号及び前記残留騒音に基づいて前記空間内の騒音が低減するように前記制御音源を駆動させる能動制御手段と、前記車室内の暗騒音レベルを検出する暗騒音レベル検出手段と、前記暗騒音レベルに応じた同定音を前記車室内に発生する同定音発生手段と、前記同定音と前記残留騒音とに基づいて前記制御音源及び前記残留騒音検出手段間の音響伝達特性を求めて前記信号処理手段の処理内容を更新する更新手段と、を備えたことを特徴とする能動型騒音制御装置。

【請求項9】 能動制御手段は、基準信号に応じて制御音源を駆動する信号を生成する信号生成手段と、前記制御音源及び残留騒音検出手段間の音響伝達に相当する信号処理を行う信号処理手段と、前記基準信号を前記信号処理手段で処理した値及び残留騒音に応じて空間内の騒音が低減するように信号生成手段の処理内容を調整する制御手段と、を有する請求項8記載の能動型騒音制御装置。

【請求項10】 同定音発生手段は、暗騒音レベルよりも所定レベル低い同定音を発生する請求項8又は請求項9記載の能動型騒音制御装置。

【請求項11】 同定音発生手段は、暗騒音の音圧レベルよりも5～10dB音圧レベルの低い同定音を発生する請求項10記載の能動型騒音制御装置。

【請求項12】 車両に適用される能動型騒音制御装置であって、路面及び車輪間の騒音源から騒音が伝達される車室に制御音を発生可能な制御音源と、前記車室内の所定位置における残留騒音を検出する残留騒音検出手段と、前記騒音源の騒音発生状態を検出し基準信号として出力する騒音発生状態検出手段と、前記基準信号に応じて前記制御音源を駆動する信号を生成する信号生成手段と、前記制御音源及び前記残留騒音検出手段間の音響伝達に相当する信号処理を行う信号処理手段と、前記基準

信号を前記信号処理手段で処理した値及び前記残留騒音に応じて前記車室内の騒音が低減するように前記信号生成手段の処理内容を調整する制御手段と、高周波側が減衰するスペクトル分布を示す同定信号を生成する同定信号生成手段と、前記車室内の暗騒音レベルを検出する暗騒音レベル検出手段と、前記暗騒音レベルに応じて前記同定信号のゲイン調整を行うゲイン調整手段と、前記信号生成手段が生成した信号と前記ゲイン調整が行われた同定信号とを重畳して前記制御音源に供給する信号重畳手段と、前記ゲイン調整が行われた同定信号と前記信号重畳手段が重畳した信号で前記制御音源を駆動した際の前記残留騒音とに基づいて前記制御音源及び前記残留騒音検出手段間の音響伝達特性を求めて前記信号処理手段の処理内容を更新する更新手段と、を備えたことを特徴とする能動型騒音制御装置。

【請求項13】 ゲイン調整手段は、同定信号で制御音源を駆動した際に発生する同定音が前記暗騒音レベルよりも所定レベル低くなるようにその同定信号のゲイン調整を行う請求項12記載の能動型騒音制御装置。

【請求項14】 ゲイン調整手段は、同定音の音圧レベルが暗騒音の音圧レベルよりも5〜10dB低くなるようにゲイン調整を行う請求項13記載の能動型騒音制御装置。

【請求項15】 暗騒音レベル検出手段は、残留騒音検出手段が検出した残留騒音に基づいて暗騒音レベルを検出する請求項1乃至請求項14のいずれかに記載の能動型騒音制御装置。

【請求項16】 車速を検出する車速検出手段、エンジン回転速度を検出するエンジン回転速度検出手段、エンジン負荷を検出するエンジン負荷検出手段及びオーディオ音発生状態を検出するオーディオ音発生状態検出手段の内の少なくとも一つを設け、暗騒音レベル検出手段は、前記車速、前記エンジン回転速度、前記エンジン負荷及び前記オーディオ音発生状態の内の少なくとも一つに基づいて暗騒音レベルを検出する請求項8乃至請求項14のいずれかに記載の能動型騒音制御装置。

【請求項17】 同定音を常時又は断続的に発生させ、更新手段は、信号処理手段の処理内容を常時又は断続的に更新する請求項1乃至請求項16のいずれかに記載の能動型騒音制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、騒音源から伝達される騒音に制御音源から発生される制御音を干渉させることにより騒音の低減を図る能動型騒音制御装置に関し、特に、車両の車室内のように音響伝達特性が変動し易い空間であっても、乗員等に不快感を与えることなく、良好な騒音制御が行えるようにしたものである。

【0002】

【従来の技術】 従来の能動型騒音制御装置として、英国

特許第2149614号や特公表1-501344号公報等に記載のものがある。これら従来の装置は、例えば航空機の客室等の閉空間に適用される騒音低減装置であって、そのような閉空間内の複数の位置に設置され音圧を検出するマイクロフォンと、その閉空間に制御音を発生する複数のラウドスピーカとを備え、騒音源の騒音発生状態に基づいて、閉空間に伝達される騒音と逆位相の制御音をラウドスピーカから発生させて騒音を打ち消している。

【0003】そして、ラウドスピーカから発せられる制御音の生成方法として、PROCEEDINGS OF THE IEEE, VOL. 63 PAGE 1692-1975, "ADAPTIVE NOISE CANCELLATION: PRINCIPLES AND APPLICATIONS" で述べられている 'LMS' アルゴリズムを、多チャンネルに展開したアルゴリズムを適用している。その内容は、上記特許の発明者による論文、"A MULTIPLE ERROR LMS ALGORITHM AND ITS APPLICATION TO THE ACTIVE CONTROL OF SOUND AND VIBRATION", IEEE TRANS. ACOUST., SPEECH, SIGNAL PROCESSING, VOL. ASSP -35, PP. 1423-1434, 1987 にも述べられている。

【0004】即ち、LMSアルゴリズムは、適応型デジタルフィルタのフィルタ係数を更新するのに好適なアルゴリズムの一つであって、例えば、いわゆる Filtered-X LMSアルゴリズムにあつては、ラウドスピーカからマイクロフォンまでの音響伝達特性を表すフィルタを、全てのラウドスピーカとマイクロフォンとの組み合わせについて設定し、騒音源の騒音発生状態を表す基準信号をそのフィルタで処理した値と、各マイクロフォンが検出した残留騒音とに基づいて、各ラウドスピーカ毎に設けられた適応型デジタルフィルタのフィルタ係数を更新している。

【0005】ここで、このような能動型騒音制御装置では、ラウドスピーカからマイクロフォンまでの音響伝達特性を表すフィルタが正確にその音響伝達特性を表しているというのが前提となっており、フィルタが表す音響伝達特性と、実際の物理的な空間の音響伝達特性との間のズレが大きいと、騒音の低減が図れないばかりか、周波数領域で90度近い位相差が生じると逆に発散してしまうこともある。

【0006】このような不具合の解決を図る従来の技術として、冷蔵庫から発生される騒音の低減を図る装置（類似公知例として特開平3-259722号公報等がある。）があり、これは、冷蔵庫のコンプレッサで発生し機械室ダクトを通じて外部に放射される騒音を、その機械室ダクトから放射される前に打ち消す装置であつて、機械室ダクト内に騒音制御を行うラウドスピーカ及びマイクロフォンを備えていて、コンプレッサの駆動状態に応じてラウドスピーカから制御音を発生して騒音低減を図る一方、騒音制御特性が劣化しないように、コンプレッサが停止する度に、同定音を発生してラウドスピー

一カ及びマイクロフォン間の音響伝達特性を測定し、フィルタの同定を行っている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した冷蔵庫に関する技術を例えば車両等にそのまま適用すると、車両では人間が存在する車室そのものが制御空間であるため、乗員が同定音を感知し、乗員に不快感を与えてしまい、騒音制御と相反する作用を及ぼすことになる。

【0008】そして、特に車室内の音響伝達特性は、温度、湿度、窓の開閉、乗員数等の種々の要因によって短時間に且つ大きく変化するため、例えばエンジンを停止する度にフィルタ係数を更新しても、フィルタが表す音響伝達特性と、実際の物理的な空間の音響伝達特性との間のズレが時間の経過とともに大きくなってしまい、良好な騒音制御が行えない。

【0009】つまり、車両等のように音響伝達特性の変動が激しい場合には、騒音制御と並行して音響伝達特性を測定することにより、フィルタを常時同定することが望ましい。本発明は、このような従来の技術が有する未解決の課題に着目してなされたものであって、例えば車両のように制御対象たる車室内に人間が存在する場合であっても、不快感を与えることなく音響伝達特性の測定を可能にすることにより、頻繁な同定処理を可能とし、音響伝達特性が短時間に且つ大幅に変動する場合であっても制御特性の劣化を防止できる能動型騒音制御装置を提供することを目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1記載の発明は、その基本構成図である図1(a)に示すように、騒音源100から騒音が伝達される空間に制御音を発生可能な制御音源101と、前記空間内の所定位置における残留騒音を検出する残留騒音検出手段102と、前記騒音源の騒音発生状態を検出し基準信号 x として出力する騒音発生状態検出手段103と、前記制御音源101及び前記残留騒音検出手段102間の音響伝達に相当する信号処理を行う信号処理手段105を含んで構成され且つ前記基準信号及び前記残留騒音に基づいて前記空間内の騒音が低減するように前記制御音源101を駆動させる能動制御手段120と、前記空間内の暗騒音レベルを検出する暗騒音レベル検出手段108と、前記暗騒音レベルに応じた同定音を前記空間内に発生する同定音発生手段130と、前記同定音と前記残留騒音とに基づいて前記制御音源101及び前記残留騒音検出手段102間の音響伝達特性を求めて前記信号処理手段105の処理内容を更新する更新手段111と、を備えた。

【0011】また、請求項2記載の発明は、上記請求項1記載の発明において、能動制御手段を、基準信号に応じて制御音源を駆動する信号を生成する信号生成手段

と、前記制御音源及び残留騒音検出手段間の音響伝達に相当する信号処理を行う信号処理手段と、前記基準信号を前記信号処理手段で処理した値及び残留騒音に応じて空間内の騒音が低減するように信号生成手段の処理内容を調整する制御手段と、から構成した。

【0012】そして、請求項3記載の発明は、上記請求項1又は請求項2記載の発明において、同定音発生手段は、暗騒音レベルよりも所定レベル低い同定音を発生することとした。さらに、請求項4記載の発明は、上記請求項3記載の発明において、同定音発生手段は、暗騒音の音圧レベルよりも5～10dB音圧レベルの低い同定音を発生することとした。

【0013】また、上記目的を達成するために、請求項5記載の発明は、その基本構成図である図1(b)に示すように、騒音源100から騒音が伝達される空間に制御音を発生可能な制御音源101と、前記空間内の所定位置における残留騒音 e を検出する残留騒音検出手段102と、前記騒音源100の騒音発生状態を検出し基準信号 x として出力する騒音発生状態検出手段103と、前記基準信号 x に応じて前記制御音源101を駆動する信号 y を生成する信号生成手段104と、前記制御音源101及び前記残留騒音検出手段102間の音響伝達に相当する信号処理を行う信号処理手段105と、前記基準信号 x を前記信号処理手段105で処理した値 r 及び前記残留騒音 e に応じて前記空間内の騒音が低減するように前記信号生成手段104の処理内容を調整する制御手段106と、前記騒音源100から発せられる騒音と相似形のスペクトル分布を示す同定信号 x_0 を生成する同定信号生成手段107と、前記空間内の暗騒音レベルを検出する暗騒音レベル検出手段108と、前記暗騒音レベルに応じて前記同定信号 x_0 のゲイン調整を行うゲイン調整手段109と、前記信号生成手段104が生成した信号 y と前記ゲイン調整が行われた同定信号 a ($=G \cdot x_0$)とを重畳して前記制御音源101に供給する信号重畳手段110と、前記ゲイン調整が行われた同定信号 a と前記信号重畳手段110が重畳した信号 y'

($=y+a$)で前記制御音源101を駆動した際の前記残留騒音 e とに基づいて前記制御音源101及び前記残留騒音検出手段102間の音響伝達特性を求めて前記信号処理手段105の処理内容を更新する更新手段111と、を備えた。

【0014】そして、請求項6記載の発明は、上記請求項5記載の発明において、ゲイン調整手段は、同定信号で制御音源を駆動した際に発生する同定音が暗騒音レベルよりも所定レベル低くなるようにその同定信号のゲイン調整を行うこととした。さらに、請求項7記載の発明は、上記請求項6記載の発明において、ゲイン調整手段は、同定音の音圧レベルが暗騒音の音圧レベルよりも5～10dB低くなるようにゲイン調整を行うこととした。

【0015】また、上記目的を達成するために、請求項8記載の発明は、車両に適用される能動型騒音制御装置であって、騒音源から騒音が伝達される車室に制御音を発生可能な制御音源と、前記車室内の所定位置における残留騒音を検出する残留騒音検出手段と、前記騒音源の騒音発生状態を検出し基準信号として出力する騒音発生状態検出手段と、前記制御音源及び前記残留騒音検出手段間の音響伝達に相当する信号処理を行う信号処理手段を含んで構成され且つ前記基準信号及び前記残留騒音に基づいて前記空間内の騒音が低減するように前記制御音源を駆動させる能動制御手段と、前記車室内の暗騒音レベルを検出する暗騒音レベル検出手段と、前記暗騒音レベルに応じた同定音を前記車室内に発生する同定音発生手段と、前記同定音と前記残留騒音とに基づいて前記制御音源及び前記残留騒音検出手段間の音響伝達特性を求めて前記信号処理手段の処理内容を更新する更新手段と、を備えたことを特徴とする能動型騒音制御装置。

【0016】そして、請求項9記載の発明は、上記請求項8記載の発明において、能動制御手段を、基準信号に応じて制御音源を駆動する信号を生成する信号生成手段と、前記制御音源及び残留騒音検出手段間の音響伝達に相当する信号処理を行う信号処理手段と、前記基準信号を前記信号処理手段で処理した値及び残留騒音に応じて空間内の騒音が低減するように信号生成手段の処理内容を調整する制御手段と、から構成した。

【0017】また、請求項10記載の発明は、上記請求項8又は請求項9記載の発明において、同定音発生手段は、暗騒音レベルよりも所定レベル低い同定音を発生することとした。さらに、請求項11記載の発明は、上記請求項10記載の発明において、同定音発生手段は、暗騒音の音圧レベルよりも5～10dB音圧レベルの低い同定音を発生することとした。

【0018】また、上記目的を達成するために、請求項12記載の発明は、車両に適用される能動型騒音制御装置であって、路面及び車輪間の騒音源から騒音が伝達される車室に制御音を発生可能な制御音源と、前記車室内の所定位置における残留騒音を検出する残留騒音検出手段と、前記騒音源の騒音発生状態を検出し基準信号として出力する騒音発生状態検出手段と、前記基準信号に応じて前記制御音源を駆動する信号を生成する信号生成手段と、前記制御音源及び前記残留騒音検出手段間の音響伝達に相当する信号処理を行う信号処理手段と、前記基準信号を前記信号処理手段で処理した値及び前記残留騒音に応じて前記車室内の騒音が低減するように前記信号生成手段の処理内容を調整する制御手段と、高周波側が減衰するスペクトル分布を示す同定信号を生成する同定信号生成手段と、前記車室内の暗騒音レベルを検出する暗騒音レベル検出手段と、前記暗騒音レベルに応じて前記同定信号のゲイン調整を行うゲイン調整手段と、前記信号生成手段が生成した信号と前記ゲイン調整が行われ

た同定信号とを重畳して前記制御音源に供給する信号重畳手段と、前記ゲイン調整が行われた同定信号と前記信号重畳手段が重畳した信号で前記制御音源を駆動した際の前記残留騒音とに基づいて前記制御音源及び前記残留騒音検出手段間の音響伝達特性を求めて前記信号処理手段の処理内容を更新する更新手段と、を備えた。

【0019】そして、請求項13記載の発明は、上記請求項12記載の発明において、ゲイン調整手段は、同定信号で制御音源を駆動した際に発生する同定音が暗騒音レベルよりも所定レベル低くなるように、その同定信号のゲイン調整を行うこととした。さらに、請求項14記載の発明は、上記請求項13記載の発明において、ゲイン調整手段は、同定音の音圧レベルが暗騒音の音圧レベルよりも5～10dB低くなるようにゲイン調整を行うこととした。

【0020】また、請求項15記載の発明は、上記請求項1乃至請求項14記載の発明において、暗騒音レベル検出手段は、残留騒音検出手段が検出した残留騒音に基づいて暗騒音レベルを検出することとした。さらに、請求項16記載の発明は、上記請求項8乃至請求項14記載の発明において、車速を検出する車速検出手段、エンジン回転速度を検出するエンジン回転速度検出手段、エンジン負荷を検出するエンジン負荷検出手段及びオーディオ音発生状態を検出するオーディオ音発生状態検出手段の内の少なくとも一つを設け、暗騒音レベル検出手段は、前記車速、前記エンジン回転速度、前記エンジン負荷及び前記オーディオ音発生状態の内の少なくとも一つに基づいて暗騒音レベルを検出することとした。

【0021】そして、請求項17記載の発明は、上記請求項1乃至請求項16記載の発明において、同定音を常時又は断続的に発生させ、更新手段は、信号処理手段の処理内容を常時又は断続的に更新することとした。

【0022】

【作用】請求項1記載の発明にあつては、その基本構成図である図1(a)に示すように、騒音発生状態検出手段103から出力された基準信号xと、残留騒音検出手段102から出力された残留騒音eとに基づいて、能動制御手段120が、空間内の騒音が低減するように、制御音源101を駆動させるから、制御音源101から発せられる制御音によって、騒音源100から空間に伝達される騒音が相殺され、空間内の騒音の低減が図られる。

【0023】一方、同定音発生手段130が空間内に同定音を発生すると、更新手段111が、その同定音と残留騒音eとに基づいて制御音源101及び残留騒音検出手段102間の音響伝達特性を求めて、能動制御手段120に含まれる信号処理手段105の処理内容を更新する。この結果、空間内の音響伝達特性が変動しても、それを追従するように信号処理手段105の処理内容が適宜更新されるから、能動制御手段120の制御特性の劣

化が防止される。

【0024】しかも、同定音発生手段130は、暗騒音レベル検出手段108が検出した空間内の暗騒音レベルに応じた同定音を空間内に発生するので、空間内の騒音を極端に上昇させることを避けつつ、音響伝達特性の測定が行える。例えば、請求項3記載の発明のように、同定音発生手段が、暗騒音レベルよりも所定レベル低い同定音を発生すれば、同定音は、空間内の暗騒音にマスキングされ、空間内に存在する人間にはほとんど聞こえない。

【0025】ちなみに、暗騒音レベルよりも同定音のレベルが10dB低ければ、全体の音は0.4dBしか上昇せず、マスキング現象（「聴覚ハンドブック」p.126 ナカニシヤ出版（1984））によって人間には聞こえない。なお、同定音のレベルは、低ければ低い程、同定音が聞こえ難くなるが、同定処理にとっては雑音成分が大きくなることと等価であるから、同定に長時間を要することになる。

【0026】そこで、請求項4記載の発明のように、同定音発生手段120が、暗騒音の音圧レベルよりも5～10dB音圧レベルの低い同定音を発生すると、上述したマスキング現象を損なうことなく、且つ、それほど長時間を要しなくても制御音源101及び残留騒音検出手段102間の音響伝達特性が求められる。なお、請求項2記載の発明は、能動制御手段120を、上記請求項1記載の発明よりもさらに具体的に構成したものであって、騒音発生状態検出手段から出力された基準信号に基づいて、信号生成手段が制御音源を駆動する信号を生成するが、基準信号を信号処理手段で処理した値と、残留騒音検出手段が検出した残留騒音とに基づいて、空間内の騒音が低減するように、制御手段が信号生成手段の処理内容を調整するから、その信号生成手段が出力した信号によって制御音源から発せられる制御音によって、騒音源から空間に伝達される騒音が相殺され、空間内の騒音の低減が図られる。

【0027】一方、請求項5記載の発明にあつては、その基本構成図である図1（b）に示すように、騒音発生状態検出手段103から出力された基準信号xに基づいて、信号生成手段104が制御音源101を駆動する信号yを生成するから、制御音源101からは、騒音源100から発生する騒音に相関のある制御音が派生するが、制御開始直後は、信号生成手段104の処理内容が最適な内容に収束しているとは限らないので、必ずしも騒音が低減されるとはいえない。

【0028】しかし、基準信号xを信号処理手段105で処理した値rと、残留騒音検出手段102が検出した残留騒音eとに基づいて、空間内の騒音が低減するように、制御手段106が信号生成手段104の処理内容を調整するから、その信号生成手段の処理内容が空間内の騒音を低減するのに適した内容に更新されていき、その

信号生成手段104が出力した信号yによって制御音源101から発せられる制御音によって、騒音源100から空間に伝達される騒音が相殺され、空間内の騒音の低減が図られる。

【0029】そして、同定信号生成手段107が生成した同定信号 x_0 は、ゲイン調整手段109において、暗騒音レベル検出手段108の検出結果に応じてゲイン調整が行われた後に、信号重畳手段110によって信号yと重畳されて、制御音源101に供給される。その結果、制御音源101からは、信号生成手段104が生成した信号yによる制御音と、ゲイン調整手段109によってゲイン調整が行われた同定信号 $a (= G \cdot x_0)$ による同定音とが発生する。

【0030】そして、残留騒音検出手段102が検出した残留騒音eが制御手段106に供給されるが、制御手段106には基準信号xを信号処理手段105によって処理した値rも供給されているため、制御手段106は、残留騒音eの内、騒音源100から発せられる騒音に相関のある成分に基づいて信号生成手段104の処理内容を調整するから、上述した騒音制御にとって不具合はない。

【0031】一方、更新手段111においても、残留騒音eとともに、ゲイン調整手段109によってゲイン調整が行われた同定信号aが供給されるから、更新手段111は、残留騒音eに含まれる同定音に相関のある成分に基づいて、制御音源101及び残留騒音検出手段102間の音響伝達特性を求めて、信号処理手段105の処理内容を更新する。

【0032】この結果、空間内の音響伝達特性が変動しても、それを追従するように信号処理手段105の処理内容が適宜更新されるから、騒音制御の制御特性の劣化が防止される。特に、この請求項5記載の発明では、制御音源101から、制御音とともに同定音が発せられることになるため、制御音源101及び残留騒音検出手段102間の音響伝達特性が、正確に測定される。

【0033】しかも、同定信号生成手段107で生成した同定信号 x_0 が、騒音源100から発せられる騒音と相似形のスペクトル分布を示しており、その同定信号 x_0 を、ゲイン調整手段109において、暗騒音レベル108が検出した暗騒音レベルに基づいてゲイン調整を行っているので、制御音源101から空間に発せられる同定音は、騒音と相似形のスペクトル分布を示し、且つ、暗騒音レベルに応じたレベルの音であるため、空間内の騒音を極端に上昇させることを避けつつ、音響伝達特性の測定が行える。

【0034】例えば、請求項6記載の発明のように、ゲイン調整手段109が、同定信号aで制御音源を駆動した際に発生する同定音が暗騒音レベルよりも所定レベル低くなるように、その同定信号のゲイン調整を行えば、制御音源101から発せられる同定音は、上述したマス

キング現象によって、空間内に存在する人間にはほとんど聞こえない。

【0035】また、請求項7記載の発明のように、ゲイン調整手段109が、同定音の音圧レベルが暗騒音の音圧レベルよりも5〜10dB低くなるようにゲイン調整を行えば、上述したマスキング現象を損なうことなく、且つ、それほど長時間を要しなくても制御音源101及び残留騒音検出手段102間の音響伝達特性が求められる。

【0036】一方、請求項8記載の発明は、車両に適用される能動型騒音制御装置であり、同定音発生手段が、暗騒音レベル検出手段によって検出された車室内の暗騒音レベルに応じた同定音を車室内に発生し、更新手段が、同定音と残留騒音とに基づいて制御音源及び残留騒音検出手段間の音響伝達特性を求めて信号処理手段の処理内容を更新するから、上記請求項1記載の発明と同様に、空間内の騒音を極端に上昇させることなく、能動制御手段の制御特性の劣化を防止できる。

【0037】また、請求項9記載の発明であれば、同定音発生手段が、車室内の暗騒音レベルよりも所定レベル低い同定音を発生するから、上記請求項3記載の発明と同様に、同定音は、車室内の暗騒音にマスキングされ、車室内の乗員にはほとんど聞こえないし、請求項10記載の発明であれば、請求項4記載の発明と同様に、上述したマスキング現象を損なうことなく、且つ、それほど長時間を要しなくても制御音源及び残留騒音検出手段間の音響伝達特性が求められる。

【0038】一方、請求項12記載の発明も、車両に適用される能動型騒音制御装置であり、同定信号生成手段が、高周波側が減衰するスペクトル分布を示す同定信号を生成し、この同定信号がゲイン調整手段でゲイン調整された後に、信号重畳手段で信号生成手段の出力と重畳され、その重畳された信号が制御音源に供給されるから、制御音源から車室内に、制御音とともに同定音が発生する。

【0039】そして、この同定音の元となる同定信号は、路面及び車輪間の騒音源から発生する騒音（ロード・ノイズ）のスペクトル分布に相似するため、ゲイン調整手段において、同定信号のゲインを暗騒音レベルに応じて適宜ゲイン調整すれば、同定音は、車室内の暗騒音の主成分であるロード・ノイズにマスキングされ、乗員には聞こえない。その他の作用は、上記請求項5記載の発明と同等である。

【0040】また、請求項13記載の発明では、同定音の音圧レベルが暗騒音の音圧レベルよりも所定レベル低くなるから、上記請求項6記載の発明と同様に、同定音は、上述したマスキング現象によって、空間内に存在する人間にはほとんど聞こえないし、請求項14記載の発明であれば、上記請求項7記載の発明と同様に、上述したマスキング現象を損なうことなく、且つ、それほど長

時間を要しなくても制御音源及び残留騒音検出手段間の音響伝達特性が求められる。

【0041】ここで、空間内の暗騒音レベルは、種々の手法によって検出することができるが、結局は、空間内に存在する音のレベルが判ればよいのであるから、請求項15記載の発明にあつては、暗騒音レベルが、残留騒音検出手段が検出した残留騒音に基づいて直接検出される。また、車室内の暗騒音は、特に、車速、エンジン回転速度、エンジン負荷及びオーディオ音発生状態の影響を受けることから、請求項16記載の発明にあつては、車速検出手段が検出した車速、エンジン回転速度検出手段が検出したエンジン回転速度、エンジン負荷検出手段が検出したエンジン負荷及びオーディオ音発生状態検出手段が検出したオーディオ音発生状態の内の少なくとも一つに基づいて車室内の暗騒音レベルが検出される。

【0042】さらに、以上説明した請求項1乃至請求項16記載の発明では、空間又は車室内に存在する人間に同定音を聞かせることなく、制御音源及び残留騒音検出手段間の音響伝達特性を測定して信号処理手段の処理内容を更新できるから、請求項17記載の発明のように、同定音を常時又は断続的に発生させ、信号処理手段の処理内容を常時又は断続的に更新しても、空間又は車室内に存在する人間に不快感を与えることがない。

【0043】そして、請求項17記載の発明であれば、空間内の音響伝達特性の変動に追従して信号処理手段の処理内容が頻繁に更新されるから、実際の音響伝達特性との間のズレが非常に小さくなり、高精度の騒音制御が行える。

【0044】

【実施例】以下、この発明の実施例を図面に基づいて説明する。図2は、本発明の第1実施例の全体の機能構成を示すブロック図であり、この実施例は、路面2及び車輪3間の騒音源から空間としての車室10内に伝達されるロード・ノイズの低減を図る能動型騒音制御装置1に本発明を適用したものである。

【0045】まず、構成を説明すると、この能動型騒音制御装置1は、路面2及び車輪3間で発生するロード・ノイズを検出する騒音発生状態検出手段としての振動センサ4と、この振動センサ4が検出した路面2及び車輪3間の振動である基準信号 x に基づいて適応制御を実行する能動制御手段としての主制御部20と、車室10内に配設された制御音源としてのラウドスピーカ LS_0 、 LS_1 と、車室10内に配設された残留騒音検出手段としてのマイクロフォン MP_0 、 MP_1 と、主制御部20内に設定された信号処理手段としてのフィルタ C_{00}' 、 C_{10}' 、 C_{01}' 及び C_{11}' の同定処理を実行する同定処理部40とから構成されている。

【0046】主制御部20は、基準信号 x に基づいてラウドスピーカ LS_0 、 LS_1 を駆動させる信号 y_0 、 y_1 を生成する信号生成手段としての適応型デジタルフ

フィルタ W_0 , W_1 と、振動センサ4から出力される基準信号 x 及びマイクロフォン MP_0 , MP_1 から出力される残留騒音信号 e_0 , e_1 に基づいて適応型デジタルフィルタ W_0 , W_1 のフィルタ係数を更新する適応処理部21とを少なくとも有している。

【0047】そして、適応処理部21は、いわゆるMultiple Error Filtered-X LMSアルゴリズムを実行するよう構成されていて、物理的な音響空間である車室10内におけるラウドスピーカ LS_0 , LS_1 及びマイクロフォン MP_0 , MP_1 間の音響伝達特性(伝達関数 C_{00} , C_{10} , C_{01} , C_{11})を有限インパルス応答関数の形でモデル化したフィルタ C_{00}' , C_{10}' , C_{01}' , C_{11}' と、基準信号 x をそのフィルタ C_{00}' , C_{10}' , C_{01}' , C_{11}' で処理した値 r_{00} , r_{10} , r_{01} , r_{11} 及び残留騒音信号 e_0 , e_1 に基づいて、車室10内の騒音が低減するような最適な値となるように適応型デジタルフィルタ W_0 , W_1 のフ

ィルタ係数を更新する制御手段としてのフィルタ係数更新部22A, 22Bとを有している。

【0048】ここで、 l 番目($l=0, 1, \dots, L$:本実施例では、 $L=1$)のマイクロフォンが検出した残留騒音信号を $e_l(n)$ 、ラウドスピーカから制御音が発生していない時の l 番目のマイクロフォンが検出した残留騒音信号を $e_{pl}(n)$ 、 m 番目($m=0, 1, \dots, M$:本実施例では、 $M=1$)のラウドスピーカと l 番目のマイクロフォンとの間の伝達関数 C_{lm} を有限インパルス応答関数の形でモデル化したフィルタ C_{lm}' の j 番目($j=0, 1, 2, \dots, I_c-1$: I_c は定数)のフィルタ係数を C_{lmj}' 、基準信号を $x(n)$ 、基準信号 $x(n)$ が入力された m 番目のラウドスピーカを駆動する適応型デジタルフィルタの i 番目($i=0, 1, 2, \dots, I_k-1$: I_k は定数)のフィルタ係数を W_{mi} とすると、

$$e_l(n) = e_{pl}(n) + \sum_{i=0}^{I_k-1} \sum_{j=0}^{I_c-1} C_{lmj}' \{ \sum_{i=0}^{I_k-1} W_{mi} x(n-j-i) \}$$

が成立する。

【0049】なお、 (n) がつく項は、いずれもサンプリング時刻 n におけるサンプル値を表し、また、 I_c はフィルタ C_{lm}' のタップ数(フィルタ次数)、 I_k は適応型デジタルフィルタ W_m のタップ数(フィルタ次数)である。上記(1)式中、右辺の「 $\sum W_{mi} x(n-j-i)$ 」の項は適応型デジタルフィルタに基準信号 $x(n)$ を入力した時の出力 $y_m(n)$ を表し、「 $\sum C_{lmj}' \{ \sum W_{mi} x(n-j-i) \}$ 」の項は m 番目のラ

ウドスピーカに入力された信号 $y_m(n)$ がそこから制御音として空間に出力され伝達関数 C_{lm} を経て l 番目のマイクロフォンに到達した時の信号を表し、さらに「 $\sum C_{lmj}' \{ \sum W_{mi} x(n-j-i) \}$ 」の項は l 番目のマイクロフォンへ到達した信号を足し合わせているから、 l 番目のマイクロフォンに到達する制御音の総和を表している。

【0050】次いで、評価関数 J_e を、

$$J_e = \sum_{i=0}^L \{ e_i(n) \}^2 \quad \dots\dots (2)$$

とする。

【0051】そして、評価関数 J_e を最小にするフィルタ係数 W_{mi} を求めるのが、LMSアルゴリズムであり、

具体的には、評価関数 J_e を各フィルタ係数 W_{mi} について偏微分した値で、フィルタ係数 W_{mi} を更新する。そこで、上記(2)式より、

$$\partial J_e / \partial W_{mi} = \sum_{i=0}^L 2 e_i(n) \partial e_i(n) / \partial W_{mi} \quad \dots\dots (3)$$

となるが、上記(1)式より、

$$\partial e_l(n) / \partial W_{mi} = \sum_{j=0}^{I_c-1} C_{lmj}' x(n-j-i) \quad \dots\dots (4)$$

となるから、この(4)式の右辺を $r_{lm}(n-i)$ とおけば、フィルタ係数の更新は、重み係数 γ_l も含めた形

で下記の(5)式のようにになる。

【0052】

$$W_{mi}(n+1) = W_{mi}(n) + \alpha \sum_{i=0}^L \gamma_l e_l(n) r_{lm}(n-i)$$

ここで、 α は収束係数と呼ばれる係数であり、フィルタ

が最適に収束する速度や、その安定性に関与する。

【0053】つまり、フィルタ係数更新部22A、22Bは、上記(5)式に基づいて、適応型デジタルフィルタ W_0 、 W_1 のフィルタ係数を更新する。一方、同定処理部40は、同定音を発生させるための同定信号 x_0 を生成する同定信号生成手段としての同定信号生成部41と、車室10内の暗騒音レベルを検出する暗騒音レベル検出手段としての暗騒音レベル検出部42と、この暗騒音レベル検出部42の検出結果に応じて同定信号 x_0 のゲイン調整を行ってゲイン調整が行われた同定信号 $a (=G \cdot x_0)$ を出力するゲイン調整手段としてのゲイン調整部43と、主制御部20内の適応処理部21に設定されているフィルタ C_{00}' 、 C_{10}' 、 C_{01}' 、 C_{11}' と同次数でフィルタ係数可変のフィルタ C_{00}'' 、 C_{10}'' 、 C_{01}'' 、 C_{11}'' と、これらフィルタ C_{00}' 、 C_{10}' 、 C_{01}' 、 C_{11}' が実際の伝達関数 C_{00} 、 C_{10} 、 C_{01} 、 C_{11} に一致するように適応処理を実行してフィルタ C_{00}'' 、 C_{10}'' 、 C_{01}'' 、 C_{11}'' のフィルタ係数を更新する適応処理部44、45と、同定信号 a をフィルタ C_{00}'' 、 C_{10}'' 、 C_{01}'' 、 C_{11}'' で処理した値と残留騒音 e_0 、 e_1 との差を求めて対応する適応処理部44、45に供給する減算器46、47、48、49と、を備えている。

【0054】なお、同定信号 a は、主制御部20にも供給されていて、重畳手段としての加算器23、24によって信号 y_0 、 y_1 に加算され、そこからラウドスピーカ LS_0 、 LS_1 に供給されている。従って、ラウドスピーカ LS_0 、 LS_1 からは、信号 y_0 、 y_1 に基づく制御音とともに、同定信号 a に基づく同定音が発生することになる。

【0055】ただし、ラウドスピーカ LS_0 、 LS_1 のいずれからも同定音を発すると、同定信号 a が一種類であることから、同定処理が正常に行えない場合があるので、本実施例では、切換部50によって、加算器23又は24のいずれか一方に同定信号 a を供給するとともに、同定音が発生しているラウドスピーカ LS_0 、 LS_1 に対応するフィルタ C_{00}' 、 C_{10}' 、 C_{01}' 、 C_{11}' 及び適応処理部44、45にのみ同定信号 a を供給する構成としている。

【0056】そして、同定信号生成部41は、路面2及び車輪3間から発生するロード・ノイズと相似形のスペクトル分布を示す同定信号 x_0 を生成して出力する。ここで、ロード・ノイズは、路面2の凹凸を車輪3が通過することにより発生する騒音であるが、この凹凸のスペクトルの形は、一般的な走行路面においては大きな差異はなく、従って、車両が決まれば、ロード・ノイズのスペクトルの形も略決まると考えられる。そして、マクロに見れば、スペクトル形状は、例えば図3に示すように、高周波側ほどレベルが減衰する傾向を示す。

【0057】よって、同定信号生成部41で生成する同定信号 x_0 は、高周波側に、例えば、-10〜-15d

B/オクターブ程度の傾きで減衰するスペクトル分布を示す信号とすれば、ロード・ノイズと相似形のスペクトル分布を示す信号とすることができる。図4(a)は、同定信号生成部41の構成例を示すブロック図であり、この例では、ホワイト・ノイズを生成するM系列信号発生装置41aと、低次のローパス・フィルタ41bとから構成している。

【0058】即ち、M系列信号発生装置41aの出力のスペクトル分布は、図4(b)に示すように全周波数にわたって等しいレベルを示すから、これをローパス・フィルタ41bで処理すれば、図4(c)に示すように、高周波側が減衰するスペクトル分布を示す同定信号 x_0 が得られる。ただし、図4(c)に示す信号が供給されるアンプ、スピーカ、空間音響特性によって、実際に車室10内に発生する同定音のスペクトルが大きく変化するような場合には、そのアンプ〜車室内音響空間までの逆特性を示すフィルタを、ローパス・フィルタ41bの後段に設ければよい。

【0059】なお、図4(a)のような構成としなくても、図4(c)に示すスペクトルとなるような波形をデジタルメモリに記憶させておき、これを同定信号 x_0 として出力する構成としてもよい。図5(a)は、暗騒音レベル検出部42の構成例を示すブロック図であり、この例では、マイクロフォン MP_0 、 MP_1 が検出した残留騒音 e_0 、 e_1 を加算する加算器42aと、この加算器42aの出力をフィルタ処理するバンドパス・フィルタ42bと、このバンドパス・フィルタ42bでフィルタ処理された値のrms (root mean square: 平方自乗平均) 値を演算するrms演算器42cとから構成している。

【0060】なお、rms演算器42cの前段にバンドパス・フィルタ42bを設けているのは、同定信号生成部41で生成した同定信号 x_0 よりも低い周波数域で大きなレベルが検出されたような場合にこれを除去し、適切な周波数帯域の暗騒音レベルのみを抽出して、同定信号 x_0 のレベル調整をより正確に行うためである。そして、ゲイン調整部43で同定信号 x_0 に乗じるゲイン G は、そのrms演算器42cの出力に基づいて図5

(b)のように決定されるが、そのゲイン G は、図6に示すように、同定音の音圧レベルが、暗騒音の音圧レベルに比べて5〜10dB程度低レベルとなるような値とする。

【0061】なお、適応処理部44、45は、主制御部20の適応処理部21と同様に、LMSアルゴリズムに基づきフィルタ C_{00}' 、 C_{10}' 、 C_{01}' 、 C_{11}' のフィルタ係数を更新する。その具体的方法は、例えば、B. Widrow, S. D. Stearns 著 "Adaptive Signal Processing" Prentice-Hall (1985) 第9章等に記載されている。

【0062】次に、本実施例の動作を説明する。騒音源

としての路面2及び車輪3間で発生したロード・ノイズは、車室10内に騒音として伝達される。一方、振動センサ4が出力した基準信号 x は、図示しないA/Dコンバータ等を介して、主制御部20内の適応型デジタルフィルタ W_0 、 W_1 及びフィルタ C_{00}' 、 C_{10}' 、 C_{01}' 、 C_{11}' に供給され、適応型デジタルフィルタ W_0 、 W_1 で処理されて信号 y_0 、 y_1 が生成される。

【0063】そして、その信号 y_0 、 y_1 によってラウドスピーカ LS_0 、 LS_1 が駆動され、車室10内に制御音が発生するが、制御開始直後は、適応型デジタルフィルタ W_0 、 W_1 のフィルタ係数は最適値に収束しているとは限らないので、必ずしも車室10内の騒音が低減されるとはいえない。しかし、基準信号 x が、フィルタ C_{00}' 、 C_{10}' 、 C_{01}' 、 C_{11}' に供給され、そこで処理された値 r_{00} 、 r_{10} 、 r_{01} 、 r_{11} がフィルタ係数更新部22A、22Bに供給されるとともに、マイクロフォン MP_0 、 MP_1 が検出した車室10内の残留騒音 e_0 、 e_1 がフィルタ係数更新部22A、22Bに供給されることにより、上記(5)式に基づいて適応型デジタルフィルタ W_0 、 W_1 のフィルタ係数が適宜更新されていけば、選定された収束係数 α の大きさにもよるが、その適応型デジタルフィルタ W_0 、 W_1 のフィルタ係数は速やかに最適値に収束する。

【0064】従って、車室10内に伝達されるロード・ノイズがラウドスピーカ LS_0 、 LS_1 から発せられる制御音によって打ち消されるから、騒音が低減する。図7は、同定処理部40内で実行される処理の流れを示すフローチャートであり、図8は、図1の一部分を抜き出したブロック図である。先ず、図7のステップ001において、暗騒音レベル検出部42の加算器42aにおいて残留騒音 e_0 、 e_1 が足し合わされ、その結果をバンドパス・フィルタ42bで処理した値の rms 値が rms 演算器42cで求められる。なお、ここで求められた rms 値が十分小さい場合は、車室10内の暗騒音レベルが十分に低い状態、即ち、主制御部20における処理が正常に動作していると判断できるから、以下の処理を実行しなくてもよい。

【0065】次いで、ステップ002に移行し、ゲイン調整部43が、ステップ001で求めた rms 値に基づき、図5(b)に示すような記憶テーブルを参照してゲイン G を決定する。そして、ステップ003に移行し、同定信号生成部41が、現時点の同定信号 x_0 を生成してゲイン調整部43に供給し、次いでステップ004に移行し、ゲイン調整部43において、同定信号 x_0 のゲイン調整を行い、同定信号 $a (= G \cdot x_0)$ を演算する。

【0066】同定信号 a が演算されたら、ステップ005に移行し、切換部50から加算器23又は24に同定

$$\Delta C(n) = \beta \cdot a(n) \cdot \{e_0(n) - a'(n)\} \quad \dots\dots (6)$$

なお、 β は、上述した α と同様に収束係数であり、 n は

信号 a を出力する。すると、適応型デジタルフィルタ W_0 又は W_1 から出力された信号 y_0 又は y_1 と同定信号 a とが重畳され、その重畳された値によって、ラウドスピーカ LS_0 又は LS_1 が駆動される。

【0067】その結果、車室10内には、信号 y_0 、 y_1 に基づく制御音とともに、同定信号 a に基づく同定音が発生するが、その同定音の音圧レベルは、ゲイン調整部43によりゲイン調整が行われているため、図6に示すように、車室10内の暗騒音の音圧レベルよりも、5～10dB低くなっている。しかも、同定音のスペクトル分布は、暗騒音の主成分をなすロード・ノイズのスペクトル分布と相似形である。

【0068】このため、同定音の発生による音圧レベルの上昇は、極めて僅か(同定音の音圧レベルが暗騒音の音圧レベルよりも10dB低い場合には、全体の音圧レベルの上昇は、0.4dB程度)であり、実際には、マスキング現象によって乗員には聞こえない。また、同定音を発生させると、マイクロフォン MP_0 、 MP_1 が測定する残留騒音 e_0 、 e_1 にもその同定音による成分が含まれることとなるが、フィルタ係数更新部22A、22Bには、そのような残留騒音 e_0 、 e_1 とともに、ロード・ノイズの発生状態を表す基準信号 x をフィルタ処理した値 r_{00} 、 r_{10} 、 r_{01} 、 r_{11} が供給されているので、そのフィルタ係数更新部22A、22Bにおいて上記

(5)式に基づいた処理を実行すれば、適応型デジタルフィルタ W_0 、 W_1 のフィルタ係数は、残留騒音 e_0 、 e_1 の内、基準信号 x と関連のある成分に基づいて更新されるから、制御音とともに同定音を発生させても、主制御部20における騒音制御の特性が劣化するようなことはない。

【0069】次いで、ステップ006に移行し、適応処理部44において、フィルタ係数の更新量 $\Delta C(n)$ を演算する。なお、以下の説明は、フィルタ C_{00}' についてのみに行うが、それ以外のフィルタ C_{10}' 、 C_{01}' 、 C_{11}' についても、同様の処理が適用される。即ち、図8に示すように、物理的な空間である車室10内の伝達関数 C_{00} と、フィルタ C_{00}' とが一致するということは、同定信号 a を信号 y_0 に重畳した信号でラウドスピーカ LS_0 を駆動させた際に車室10内に発生する音の内、その同定信号 a に相關のある成分と、同定信号 a をフィルタ C_{00}' で処理した値 a' とが一致するということである。

【0070】そして、残留騒音 e_0 の内、同定信号 a に相關のある成分は適応処理部44に同定信号 a を供給することにより抽出できる。従って、フィルタ係数の更新量 $\Delta C(n)$ は、その同定信号 a と、減算器46の出力とに基づき、下記の(6)式によって求められる。

離散化した時間軸上のステップ番号である。

【0071】そして、この更新量 $\Delta C(n)$ が零又は十分小さければ、フィルタ C_{00}' は伝達関数 C_{00} に収束していると判断できる。そこで、ステップ007に移行し、更新量 $\Delta C(n)$ に応じてフィルタ C_{00}' を更新し、次いでステップ008に移行して、更新量 $\Delta C(n)$ の絶対値が所定値 ε よりも小さいか否かを判定する。

【0072】このステップ008の判定が「YES」の場合は、上記(6)式から、残留騒音 e_0 に含まれる同定音に相関のある成分と、同定信号 a をフィルタ C_{00}' で処理した値 a' とが等しい又は略等しい場合であるから、フィルタ C_{00}' が伝達関数 C_{00} に収束したと判断し、ステップ009に移行して、フィルタ C_{00}' をフィルタ C_{00} に置き換える。

【0073】ステップ009の処理を終えたら、ステップ010に移行し、切換部50を切り換えて同定信号 a の供給先を変更する。一方、ステップ008の判定が「NO」の場合は、フィルタ C_{00}' が未だ収束していないと判断できるから、ステップ009及び010の処理は実行せず、適応処理を続行する。

【0074】なお、本実施例では、同定音が乗員に聞こえないように、その同定音の音圧レベルを暗騒音の音圧レベルよりも低くしているため、残留騒音 e_0 、 e_1 には、同定処理に必要な成分よりも雑音成分の方が大きいことになるが、同定時間を長く取ることにより、具体的には更新量 ΔC の瞬時値ではなく、過去 n 回の平均から収束判断を行うことにより、同定処理は問題なく行える。即ち、 S/N 比は、 $n^{1/2}$ に比例して改善されるから、例えば、平均回数 n を100程度にすれば、雑音成分の影響を $1/10$ 程度に低減できる。

【0075】また、図7のステップ001~004の処理は、例えば100ステップ毎等のように、時間をおいて実行するようにしてもよい。このように、本実施例の構成であれば、同定音を乗員に聞かせることなく同定処理が行えるから、乗員に不快感を与えることがなく、しかも騒音制御の劣化を招くこともないため、騒音制御と並行して、常時同定処理を実行することができる。

【0076】このため、騒音制御に用いられるフィルタ C_{00}' 、 C_{10}' 、 C_{01}' 、 C_{11}' と伝達関数 C_{00} 、 C_{10} 、 C_{01} 、 C_{11} との間のズレを最小限に抑えることができるから、車室10内の音響伝達特性が短時間で且つ大幅に変化しても、良好な騒音制御が行える。しかも、同定信号 a を、適応型デジタルフィルタ W_0 、 W_1 から出力される信号 y_0 、 y_1 に重畳してラウドスピーカ LS_0 、 LS_1 に供給する構成であるため、同定音の伝搬経路と制御音の伝搬経路とを完全に一致させることができるから、高精度の同定処理が行える。

【0077】さらに、ゲイン G は、小さければ小さい程同定音の音圧レベルが低くなるから、同定音を乗員に聞こえ難くすることができるが、同定音のレベルが低くな

ると、同定処理に対する S/N 比が大きくなって、それだけ同定処理に時間を要することになる。しかし、本実施例では、マイクロフォン MP_0 、 MP_1 によって検出された残留騒音 e_0 、 e_1 に基づいて暗騒音レベルを検出しているため、車室10内の暗騒音レベルを直接把握できるので、ゲイン G は、同定音の音圧レベルを暗騒音の音圧レベルから5~10dB低い範囲に収めることができる適切な値に設定できる。従って、同定音のレベルは、乗員に聞こえない程度で且つ最大のレベルとなるから、最も短時間で同定処理が可能となる。

【0078】また、マイクロフォン MP_0 、 MP_1 の出力を利用しているから、新たなセンサを設ける必要がないという利点もある。ここで、本実施例では、同定処理部40内の適応処理部44、45、フィルタ C_{00}' 、 C_{10}' 、 C_{01}' 、 C_{11}' 及びステップ006~009の処理が、更新手段に対応し、加算器23、24、同定信号生成部41、ゲイン調整部43、適応処理部44、45、減算器46~49、切換部50及びラウドスピーカ LS_0 、 LS_1 が、同定音発生手段に対応する。

【0079】図9は、本発明の第2実施例の要部を示す図であり、これも、上記第1実施例と同様に、車室10内に伝達されるロード・ノイズの低減を図る能動型騒音制御装置に本発明を適用したものである。即ち、本実施例は、同定信号生成部41の構成を上記第1実施例と異ならせたものであって、振動センサ4の出力を、車室内音響伝達特性に相当する処理を行うディジタル・フィルタ41cで処理し、その処理された値をディレイ回路41dで遅延させて同定信号 x_0 としている。

【0080】ここで、ディジタル・フィルタ41cは、予め実験によって伝達特性(走行時の音圧/振動加速・度)を求めておき、その結果に基づいて有限インパルス応答型のフィルタとして設定したものである。このような構成であると、同定音を別に生成する必要がなく、しかも、ロード・ノイズの大きさとレベルが完全に対応するため、レベル調整を適切に行うことができる。さらには、振動センサ4に限らず、他の騒音源に関する信号検出器がある場合には、それらの出力値をも加味することも可能であり、そのようにすれば、同定処理部40のシステム構成を複雑にすることなく、良好な同定処理が行える。

【0081】なお、振動センサ4の出力をそのまま同定信号として用いると、ラウドスピーカ LS_0 、 LS_1 から発せられる制御音と同定音とが相関をもってしまい、制御が良好に働かないおそれがあるが、これに対しては、ディジタル・フィルタ41cの後段(前段であってもよい。)にディレイ回路41dを設けることにより、容易に対処できる。従って、ディレイ回路41dは、振動センサ4の出力が騒音制御に供されてから消えるまでの時間、例えば0.3秒程度の遅延処理を行う回路とすればよい。

【0082】図10は、本発明の第3実施例を示す図であり、上記第1実施例で説明した図7の処理の一部分に対応する。即ち、本実施例では、車速に基づいて暗騒音レベルを検出する構成としたものであって、ステップ201において、例えばトランスミッション等に設けられた車速検出手段としての車速センサから供給される車速 $V(n)$ を読み込み、次いでステップ202に移行して、車速 $V(n)$ に比例定数 k を乗じて、ゲイン $G_1(n)$ を演算する。

【0083】ここで、車室内に伝達されるロード・ノイズや風切り音のレベルは、車速に比例することから、その比例関係を予め実験によって求め、これに基づいて図6に示すような同定音が所定レベル低くなるようなゲインが演算されるように、比例定数 k を定めておけば、車速 $V(n)$ から適切なゲイン $G_1(n)$ が求められるのである。

【0084】なお、通常ロード・ノイズは車速が2倍になれば6dB上昇するから、これに基づいて比例定数 k を決定してもよい。そして、ステップ202からステップ203に移行して同定信号 x_0 を生成し、次いでステップ204に移行して、同定音 $a(n)$ を求める。同定音 $a(n)$ が求められたら、図7のステップ005以降の処理を実行すれば、上記第1実施例と同等の作用効果が得られる。

【0085】そして、本実施例の構成であれば、rms値の演算等が不要となるため、計算の簡素化が図られる。また、rms値を求めるには一定の時間を必要とするから、急激な変化に対する追従性がやや劣るが、本実

$$G_T(n) = \{\sum G_k(n)^2\}^{1/2}$$

なお、トータルのゲイン $G_T(n)$ は、下記の(8)式

$$G_T(n) = \sum G_k(n)$$

ただし、上記(8)式を適用する場合には、ゲイン $G_T(n)$ が過大になる可能性があるため、予め各ゲイン $G_k(n)$ に上限値を設定しておけばよい。または、トー

$$G_T(n) = \max(G_k(n))$$

上記(9)式は、各ゲイン $G_k(n)$ の最大値をゲイン $G_T(n)$ とするものである。この場合も、ゲイン $G_T(n)$ が過大になることはない。そして、ステップ304の処理を実行したら、図7に示した図003以降の処理を実行する。

【0091】本実施例によれば、多種多様の要因から暗騒音レベルを検出してゲイン $G_T(n)$ を設定しているため、可能な範囲で最大のレベルまで同定音のレベルを高くすることができるから、同定処理に要する時間の短縮化が図られるとともに、計算が簡素で済むから、コストの低減並びに追従性の向上が図られる。また、上記(7)式による演算を適用した場合には、よりの確なゲインを設定できるから、より同定音のレベルを適切な範

施例の構成ではこの点についても問題はない。図11は、本発明の第4実施例を示す図であり、これは、エンジン音のレベルから車室内の暗騒音レベルを検出しようとするものである。

【0086】即ち、エンジンから発せられる騒音は、その回転速度及び負荷に比例するから、例えばエンジン回転速度検出手段としてのクランク角センサの出力からエンジン回転速度を求め、エンジン負荷検出手段としてのエンジン吸入負圧センサやスロットル開度センサ等からエンジン負荷を求め、それらに基づいて、例えば図11に示すようなマップを参照して、ゲイン $G_2(n)$ を求めるものである。

【0087】ゲイン $G_2(n)$ が求まったら、図7に示す図003以降の処理を実行する。その他の作用効果は、上記第1実施例と同等である。図12は、本発明の第5実施例を示す図であり、これは、多数の要因から車室内の暗騒音レベルを求めるものである。即ち、ステップ301において車速 $V(n)$ に基づいたゲイン $G_1(n)$ を求め、ステップ302においてエンジン回転速度及びエンジン負荷に基づいたゲイン $G_2(n)$ を求める。

【0088】そして、ステップ303に移行して、オーディオ装置から音が発生している場合には暗騒音レベルが高いと判断できることから、オーディオ装置のオン・オフに基づいてゲイン $G_3(n)$ を求める。次いで、ステップ304に移行して、トータルのゲイン $G_T(n)$ を、下記の(7)式に基づいて演算する。

【0089】

..... (7)

に基づいて直接加算して求めてもよい。

..... (8)

タルのゲイン $G_T(n)$ は下記の(9)式に基づいて求めてもよい。

【0090】

..... (9)

囲で高くでき、同定時間を短くできる。一方、上記(8)又は(9)式による演算を適用した場合には、より計算が簡略化されるという利点がある。

【0092】その他の作用効果は、上記第1実施例と同等である。なお、本実施例のように複数の要因からゲインを求める場合には、上記(7)、(8)又は(9)式のような演算式を用いなくても、車速やエンジン回転速度等を変数とした多次元のマップを作成しておいて、そのマップから直接読みだすような構成としてもよい。

【0093】図13は、本発明の第6実施例を示す図である。即ち、本実施例では、ステップ401でゲイン G を決定した後に、ステップ402でそのゲイン G が所定値 G_{th} よりも小さいか否かを判定し、小さいと判定され

た場合には、同定処理を実行しないというものである。通常、暗騒音レベルは40～50dB以上のダイナミックレンジで変化するため、マイクロフォンMP₀、MP₁に接続されるA/Dコンバータや同定信号生成部41のレンジもこれに合わせて大きく取る必要があるが、本実施例のようにゲインGが小さい場合には同定処理を実行しないことにより、そのダイナミックレンジが小さいものでもシステムを構成することができ、コスト低減が図られる。

【0094】なお、特に図示はしないが、暗騒音レベルは、ラウドスピーカLS₀、LS₁から発生する制御音のレベルからも検出することができる。即ち、騒音制御を実行しても、完全には音は消えないため、残留騒音レベルと制御音レベルとの関係を予め調べておくことにより、暗騒音レベルを推定することができる。具体的には、適応型デジタルフィルタW₀、W₁のゲインをフィルタ係数から推定してもよいし、或いは、その適応型デジタルフィルタW₀、W₁から出力される信号y₀、y₁に基づいて推定してもよい。

【0095】また、上記各実施例は、本発明を車室10内のロード・ノイズの低減を図る能動型騒音制御装置1に適用した場合について説明したが、本発明の適用対象はこれに限定されるものではなく、例えば、エンジンのクランク角信号を基準信号とすれば、エンジン騒音の低減を図る装置となるし、或いは車両以外に適用される装置であっても構わない。

【0096】さらに、上記各実施例では、一種類の同定信号aを切換部50により供給先を切り換えることにより、複数のラウドスピーカLS₀、LS₁に順次供給する構成としているが、各ラウドスピーカLS₀、LS₁毎に異なる同定信号を生成して、同時に供給するようにしてもよい。このようにすれば、限られた同定音のエネルギーを有効に活用できるし、同定処理のトータルの処理時間の短縮が図られるから、より音響伝達特性の変動の速い制御対象であっても有効に対処できるようになる。

【0097】また、上記実施例では、ラウドスピーカLS₀、LS₁及びマイクロフォンMP₀、MP₁をそれぞれ二つ設けた構成としているが、これらの個数は任意であり、各々一つであってもよいし、三つ以上であってもよい。なお、音響伝達特性の変動がそれほど速くないような場合には、同定音の音圧レベルを、暗騒音の音圧レベルから10dB以上低くする構成としてもよい。

【0098】さらに、上記実施例では、車室10内の騒音のスペクトル分布と相似形のスペクトル分布を示す同定信号x₀によって同定音を発生させているが、暗騒音レベルがある程度高い空間等にあつては、同定信号x₀としてホワイトノイズを適用しても、そのゲインさえ適宜調整すれば、空間内の騒音レベルを極端に上昇させることはないから、特に不具合はない。

【0099】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、騒音制御を行う空間又は車室内の暗騒音レベルを検出し、その暗騒音レベルに応じた同定音を発生して、その同定音と残留騒音とに基づいて制御音源及び残留騒音検出手段間の音響伝達特性を求めて信号処理手段の処理内容を更新する構成であるため、空間内の音響伝達特性が変動しても、それを追従するように信号処理手段の処理内容が適宜更新されるから、騒音制御の制御特性の劣化が防止され、しかも、暗騒音レベルに応じた同定音が発生するので、空間又は車室内の騒音を極端に上昇させることを避けつつ、音響伝達特性の測定が行える。

【0100】特に、請求項5又は請求項12記載の発明であれば、騒音制御の劣化を招くことがないという効果がある。また、請求項3、請求項6、請求項10及び請求項13記載の発明であれば、暗騒音レベルよりも所定レベル低い同定音が発生するから、空間又は車室内の騒音上昇を極めて低いレベルに抑えることができ、人間に与える不快感を極小化できるといふ効果がある。

【0101】そして、請求項4、請求項7、請求項11及び請求項14記載の発明であれば、暗騒音の音圧レベルよりも5～10dB音圧レベルの低い同定音が発生するから、マスキング現象を損なわない範囲で、最大の同定音が発生することになり、人間に与える不快感を極小化し抑えられる一方で、それほど長時間を要しなくても制御音源及び残留騒音検出手段間の音響伝達特性を求めることができるという効果がある。

【0102】さらに、請求項15記載の発明であれば、暗騒音レベルを直接把握することができるから、適切な範囲の同定音を発生させることができ、同定処理が短時間で済むという効果がある。また、請求項16記載の発明であれば、多種多様の要因から暗騒音レベルを検出することができるため、可能な範囲で最大のレベルまで同定音のレベルを高くすることができるから、同定処理に要する時間の短縮化が図られるとともに、処理内容が簡単で済み、コストの低減並びに追従性の向上が図られる。

【0103】そして、請求項17記載の発明にあつては、騒音制御と並行して常時又は断続的に同定処理が実行されるため、空間内の音響伝達特性の変動に追従して信号処理手段の処理内容が頻繁に更新されるから、騒音制御に用いられる信号処理手段と実空間の音響伝達特性との間のズレを最小限に抑えることができ、空間内の音響伝達特性が短時間で且つ大幅に変化しても良好な騒音制御が行えるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】発明の基本構成を示すブロック図であり、(a)は請求項1記載の発明の基本構成を示し、(b)は請求項5記載の発明の基本構成を示す。

【図2】第1実施例の全体の機能構成を示すブロック図である。

【図3】ロード・ノイズのスペクトル分布の一例を示すグラフである。

【図4】同定信号生成部の一例を示す図である。

【図5】暗騒音レベル検出部の一例を示す図である。

【図6】暗騒音と同定音との関係の一例を示すグラフである。

【図7】同定処理の流れを示すフローチャートである。

【図8】同定処理の概要を説明するブロック図である。

【図9】第2実施例の要部を示すブロック図である。

【図10】第3実施例の要部を示すフローチャートである。

【図11】第4実施例に用いられるマップの一例を示す図である。

【図12】第5実施例の要部を示すフローチャートである。

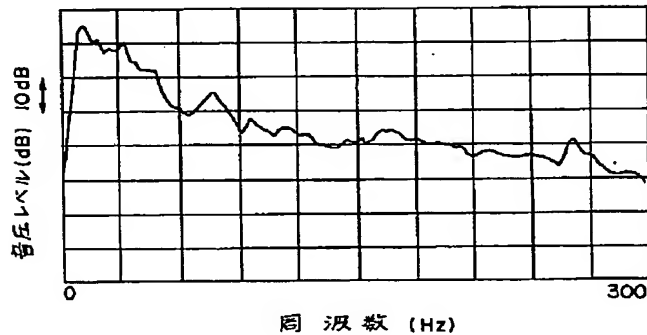
【図13】第6実施例の要部を示すフローチャートである。

【符号の説明】

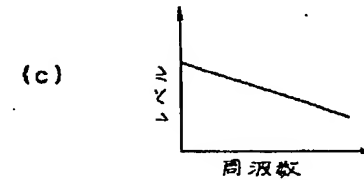
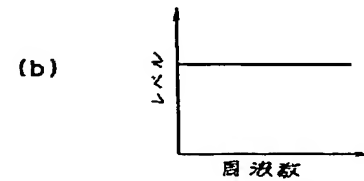
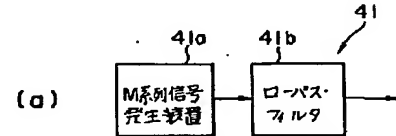
- 1 能動型騒音制御装置
- 2 路面（騒音源）
- 3 車輪（騒音源）

- 4 振動センサ（騒音発生状態検出手段）
- 10 車室（空間）
- 20 主制御部（能動制御手段）
- 21 適応処理部
- 22A, 22B フィルタ係数更新部（制御手段）
- 23, 24 加算器（信号重畳手段）
- 40 同定処理部
- 41 同定信号生成部（同定信号生成手段）
- 42 暗騒音レベル検出部（暗騒音レベル検出手段）
- 43 ゲイン調整部（ゲイン調整手段）
- 44, 45 適応処理部（更新手段）
- 46~49 減算器
- 50 切換部
- W_0, W_1 適応型デジタルフィルタ（信号生成手段）
- $C_{00}', C_{10}', C_{01}', C_{11}'$ フィルタ（信号処理手段）
- LS_0, LS_1 ラウドスピーカ（制御音源）
- MP_0, MP_1 マイクロフォン（残留騒音検出手段）

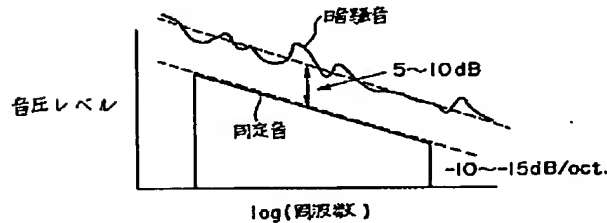
【図3】



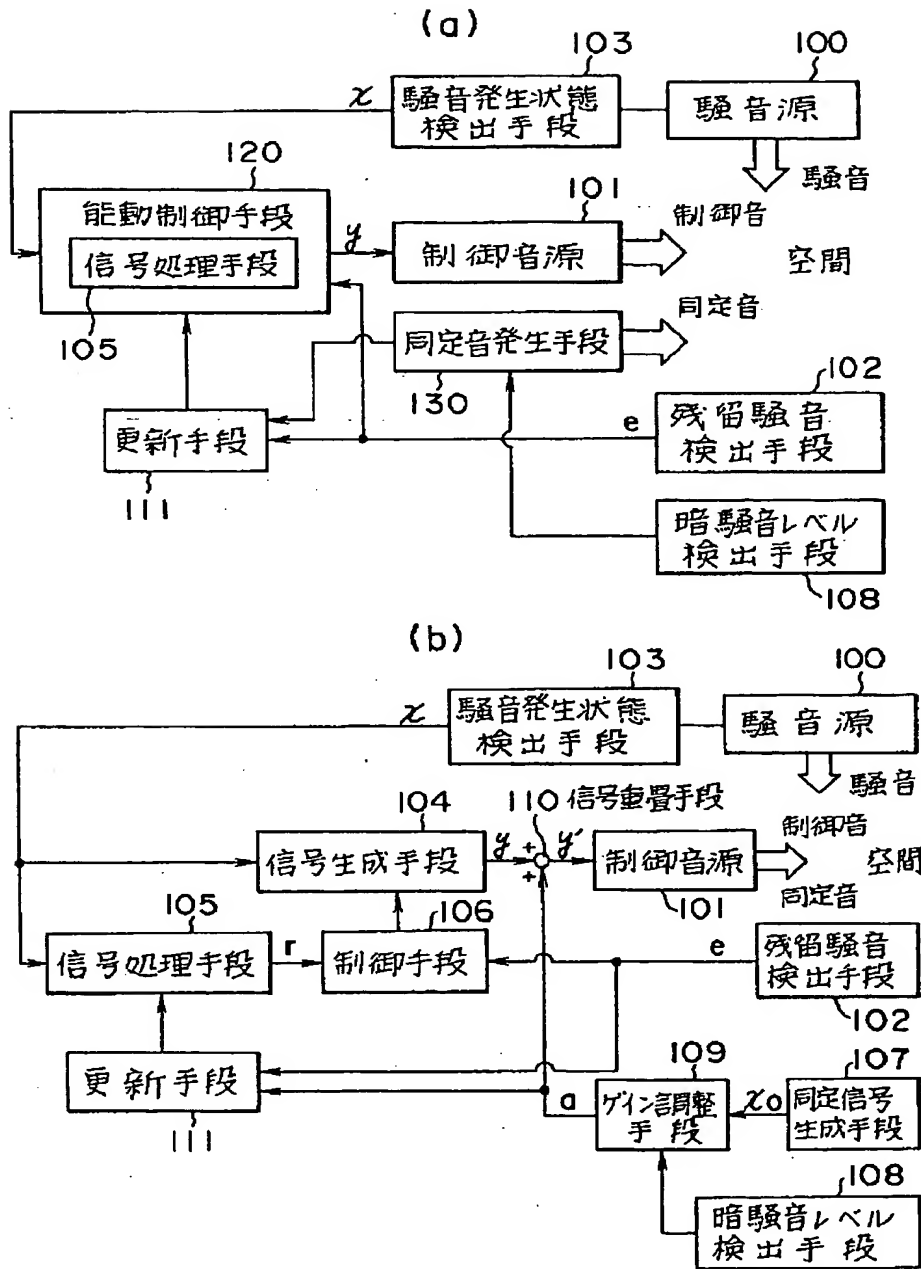
【図4】



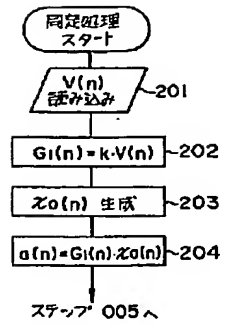
【図6】



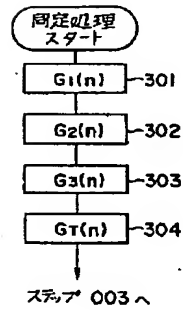
【図1】



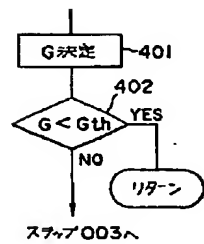
【図10】



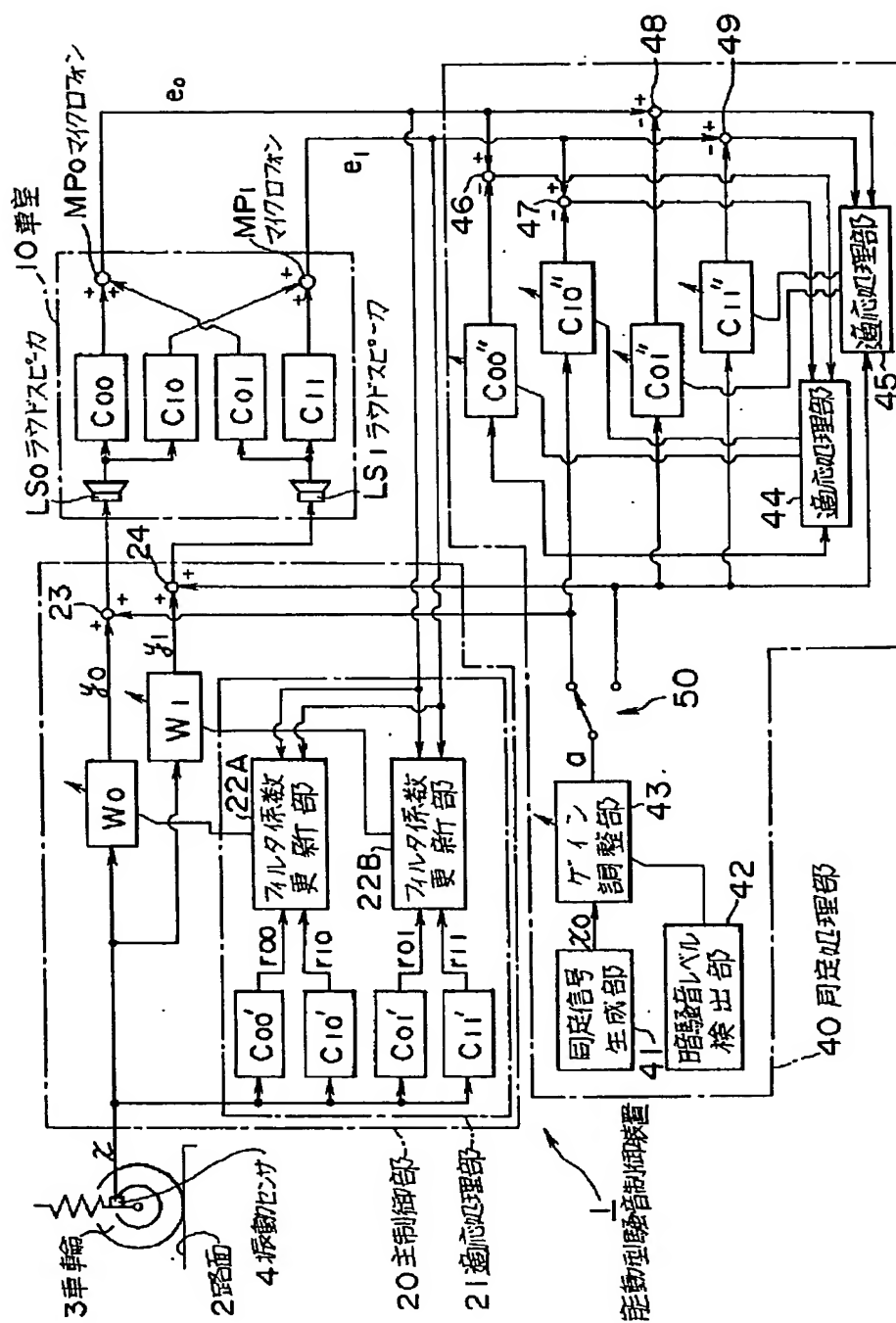
【図12】



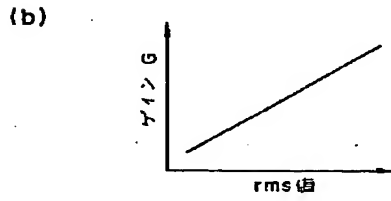
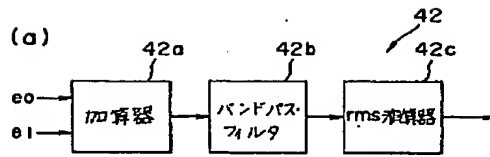
【図13】



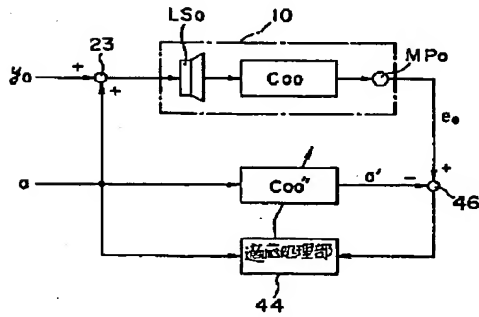
-16-



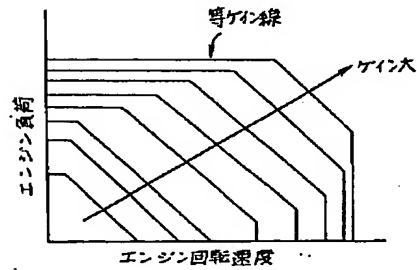
【図5】



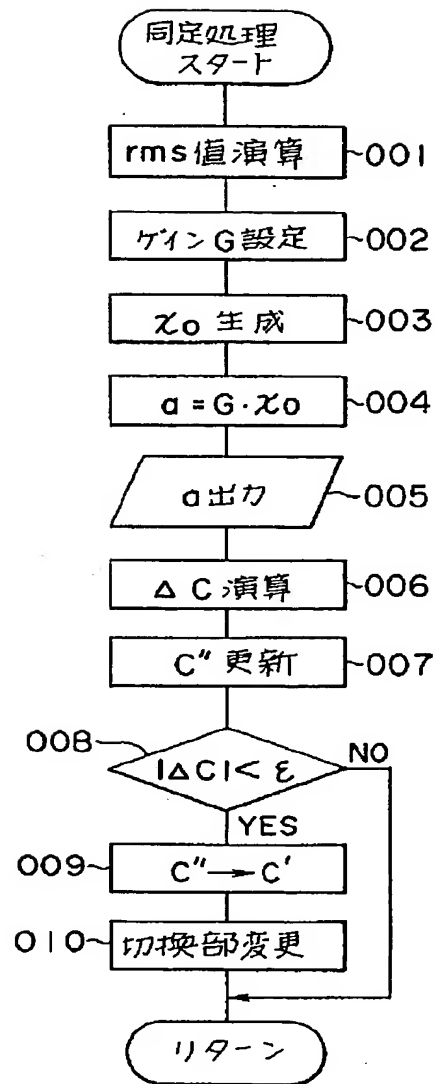
【図8】



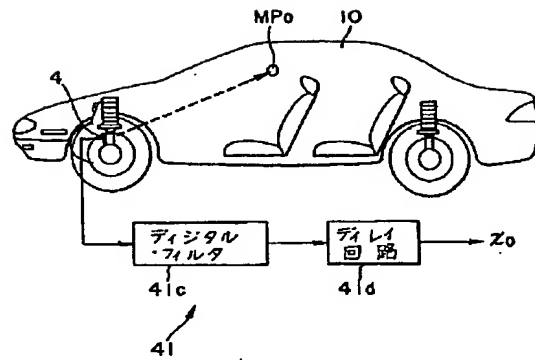
【図11】



【図7】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 浜辺 勉
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内